হারবিগ হারো ৪৬/৪৭ : পঞ্চাশ বছরের ইতিবৃত্ত

হারবিগ হারো ৪৬/৪৭(Herbig Haro 46/47 বা সংক্ষেপে HH 46/47) হলো হারবিগ হারো অবজেক্টের অংশমাত্র, যা প্রায় ১৪৭০ আলোকবর্ষ দূরে GUM 12 নেবুলার কাছে Bok globule এ অবস্থিত। একটি প্রোটোস্টার থেকে আংশিকভাবে আয়নিত গ্যাসের জেটগুলি আন্তঃনাক্ষত্রিক মাধ্যমের(ISM- Interstellar Medium) বিকিরণ ক্ষেত্রের প্রভাবে দৃশ্যমান শক তৈরি করে।

HH 46/47 (হারবিগ হারো ৪৬/৪৭)
নির্গমন নিহারিকা
হারবিগ হারো বস্তু এইচএইচ ৪৬/৪৭ মহাজাগতিক বস্তু। এইচ ৪৬ হলো নিচের বাম দিকের নিহারিকা,আর এইচ ৪৭ হলে উপরের ডান দিকের নিহারিকা। এবং এইচএইচ ৪৭বি এদুটো নীহারিকাকে সংযুক্ত করে।
পর্যবেক্ষণকৃত তত্ত্ব : J2000 epoch

রাইট অ্যাসেনশন	০৮ ঘন্টা ২৫ মিনিট ৪৩.৬ সেকেন্ড
ডিক্লিনেশন	-৫১° ০০’ ৩৬”
দূরত্ব	১৪৭০ আলোকবর্ষ (৪৫০ পারসেক.)
নক্ষত্রপুঞ্জ	ভেলা (Vela)
নাম	HH 46/47, HH 46, HH 47

পর্যবেক্ষণের ইতিহাস:

১৯৭৭ সালে আমেরিকান জ্যোতিবিজ্ঞানী আর. ডি. শওয়আর্টজ HH 46/47 সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেছিলেন। তিনি দুটি নীহারিকা দেখতে পেয়েছিলেন, যা ক্রমানুসারে হারবিগ হারোর(Herbig Haro/HH) 46 তম এবং 47 তম অবজেক্ট। আর হারবিগ হারোর (HH/Herbig Haro) ক্রমানুযায়ী নামকরণ অনুসারে HH 46 এবং HH 47 নামকরণ করেন।
এটি সবচেয়ে বেশি পর্যবেক্ষণ করা হারবিগ হারো অবজেক্টগুলির মধ্যে HH 46/47 অন্যতম এবং প্রোটোস্টার বা তরুণ নক্ষত্রে সাথে যুক্ত হওয়া প্রথম নাক্ষত্রিক জেটটি HH 46/47 তেই পাওয়া গিয়েছিল।

শীঘ্রই হারবিগ হারোর এই কমপ্লেক্সে আরো জেট(HH 47B) এবং অন্যান্য নীহারিকা(HH 46, HH 47A, HH 47C এবং HH 47D) চিহ্নিত করা হয়। এটিই(HH 46/47) প্রথম জেট যা একটি প্রোটোস্টারের কাছাকাছি আবিষ্কৃত হয়েছিল। এর পূর্বে, হারবিগ-হারো অবজেক্টগুলি কীভাবে গঠিত হয়েছিল তা খুব একটা পরিষ্কার ছিল না।

সেই সময়ে হারবিগ হারোর রহস্য ভেদ করতে একটি মডেলের প্রস্তাব করা হয়েছিল,"হারবিগ হারোর পার্শ্ববর্তী নক্ষত্র থেকে আলো প্রতিফলিত করে এবং তাই এটি একটি প্রতিফলিত নীহারিকা।"
পরবর্তীতে শোয়ার্টজ সুপারনোভা এবং হারবিগ হারো বস্তুর থেকেয় বিকিরিত বর্ণালীর মধ্যবর্তী সাদৃশ্যতার উপর ভিত্তি করে তত্ব দিয়েছিলেন যে,"হারবিগ হারোর বস্তুগুলি বিকিরণীয় শক দ্বারা উৎপাদিত হয়েছে।"

এই মডেল অনুযায়ী, টি টাউরি(T tauri) নক্ষত্র থেকে আসা নাক্ষত্রিক বায়ুর(Stellar winds) ফলে আশেপাশের মাধ্যমের সাথে সংঘর্ষ হবে এবং শক তৈরি করবে যা নির্গমন সৃষ্টি করে।

কিন্তু, হারবিগ হারো ৪৬/৪৭ এর মধ্যে জেট আবিষ্কারের সাথে সাথে এটা স্পষ্ট হয়ে যায় যে হারবিগ হারোর বস্তুগুলি কোনো প্রতিফলিত নীহারিকা নয়, বরং শক চালিত নির্গমন নীহারিকা যা প্রোটোস্টার থেকে নির্গত জেট দ্বারা চালিত হচ্ছে। হারবিগ হারো বস্তুর, উজ্জ্বলতা এবং সংমিশ্রণে সৃষ্ট আলোক বিমের জেট ক্ষেত্রের প্রভাবের কারণে, এটি সবচেয়ে পর্যবেক্ষণ ও গবেষণা করা হারবিগ হারোর বস্তুগুলির মধ্যে অন্যতম।

গঠন :

নক্ষত্রের জন্মের প্রাথমিক পর্যায়ে, নক্ষত্রগুলি ঘূর্ণন অক্ষ বরাবর আংশিকভাবে আয়নিত পদার্থের বাইপোলার বহিঃপ্রবাহ হয়। সাধারণত ধারণা করা হয় যে নাক্ষত্রিক চৌম্বক ক্ষেত্রের সাথে অ্যাক্রিশন ডিস্কের চৌম্বক ক্ষেত্রের মিথস্ক্রিয়ায় বহিঃপ্রবাহের আকারে কিছু বৃদ্ধিকারী নাক্ষত্রিক উপাদানকে প্রবাহিত করে। কিছু ক্ষেত্রে,এই বহিঃপ্রবাহ জেটের সাথে সংমিশ্রিত হয়।

HH 46/47-এর উৎস হল একটি বাইনারি ক্লাস ১ প্রোটোস্টার। যা মহাজাগতিক গ্যাস এবং ধূলিকণার অন্ধকার মেঘের ভিতরে অবস্থিত,এসব প্রোটোস্টারের ভিজ্যুয়াল তরঙ্গদৈর্ঘ্যে সনাক্ত করা যায় না। এটি প্রায় ১৫০ কিলোমিটার/সেকেন্ড (নক্ষত্রের স্বাপেক্ষে) বেগে নাক্ষত্রিক পদার্থকে একটি বাইপোলার জেটে নির্গত করছে যা মহাজাগতিক মেঘ থেকে বেরিয়ে আসে। পার্শ্ববর্তী মাধ্যমের উপর প্রভাব ফেলার পরে, জেটটি এতে ধাক্কা দেয়, যা নির্গমনকৃত নাক্ষত্রিক কণাকে দৃশ্যমান বর্ণালীতে পরিণত করে।

বিস্ফোরণের ফলে নির্গত বিভিন্ন নাক্ষত্রিক পদার্থের/কণার ভিন্ন ভিন্ন বেগ হয়। এটি জেটের মধ্যে ধাক্কার দিকে নিয়ে যায়, কারণ পরবর্তী নির্গমন থেকে দ্রুত বেগে চলমান নাক্ষত্রিক কণা/উপাদান আগের নির্গমন থেকে ধীর গতিতে চলমান নাক্ষত্রিক কণা/উপাদানের সাথে সংঘর্ষ হয়। এই ধাক্কাগুলি নির্গমন তৈরি করে, জেটটিকে দৃশ্যমান বর্ণালীর মাধ্যমে দৃশ্যমান করে তুলে।

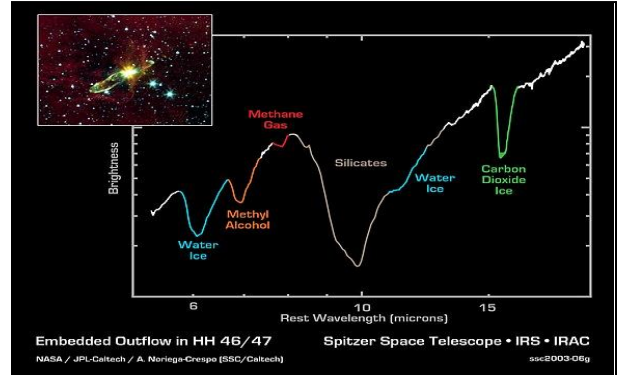
বৈশিষ্ট্য:

বহিঃপ্রবাহটা বাইপোলার হলেও দৃশ্যমান তরঙ্গদৈর্ঘ্যে শুধুমাত্র একটি জেট দৃশ্যমান হয়। আর অন্য কাউন্টারজেটটি অদৃশ্য থাকে, কারণ এটি পৃথিবী থেকে দূরে অবস্থান করে এবং অন্ধকার মেঘের মধ্যে চলে যাচ্ছে যা এর ভিতরে নক্ষত্রটিকে হোস্ট করে রাখে। তবে, ইনফ্রারেড তরঙ্গদৈর্ঘ্যে, এটি স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয়।

এই বহিঃপ্রবাহটা HH 47C-তে সমাপ্ত হয়,যা দেখতে একটি উজ্জ্বল ধনুকের মতো দেখায়, যেটা পরবর্তীতে আশেপাশের এলাকার গ্যাসের সাথে ক্রিয়া করে।

HH 46 উৎসের কাছে অবস্থিত এবং এটি একটি প্রতিফলিত নীহারিকা; এটি জেটে নাক্ষত্রিক উপাদানের প্রভাবে প্রভাবিত হওয়ার কারণে আলো নির্গত করে এবং উৎস থেকেও আলো প্রতিফলিত করে। বছরের পর বছর ধরে এর উজ্জ্বলতায় আমূল পরিবর্তন হয়ে আসছে, যা সরাসরি প্যারেন্টস নক্ষত্রের পরিবর্তনশীলতার সাথে সম্পর্কিত।

HH 46 থেকে একটি দীর্ঘ ও প্যাচানো ব্লুশিফটেড জেট থেকে HH 47B এর উদ্ভব হয়। উৎস নক্ষত্রের অগ্রগতি ও নির্গমনের দিক পরিবর্তনের কারণে বহিঃপ্রবাহের জেট বাঁকানো এবং প্যাচানো হয়। এই জেটটি HH 47-এ শেষ হয়, যাকে HH 47A ও বলা হয়। এটি হারবিগ হারো কমপ্লেক্সের সবচেয়ে উজ্জ্বল নীহারিকা।

কিছুটা দূরে ক্ষীণ এবং আরো ছড়িয়ে ছিটিয়ে আছে HH 47D। এবং HH 47C থেকে HH 47D পর্যন্ত 0.57 পার্সেক জুড়ে মহাকাশে জটিলভাবে প্রসারিত হয়ে বিস্তৃত আছে। আরও বেশি দূরত্বে দুটি অপেক্ষাকৃত বড় ধনুকের ন্যায় উজ্জ্বল আলো দেখা যায়, যার মধ্যে HH 47SW লোবের পেছনের দিকে খানিকটা দূরে এবং HH 47NE ব্লুশিফ্টেড লোবের কাছাকাছি অবস্থান করছে। তাদের প্রত্যেকটি উৎস নক্ষত্র থেকে প্রায় 1.3 পার্সেক, যা পুরো কমপ্লেক্সকে 2.6 পার্সেক দীর্ঘ আকাশ সমতলে দেখায়। আকাশ সমতলের সাপেক্ষে পুরো কাঠামোটি প্রায় ৩০° অনুমান করা হয়; যা এর প্রকৃত দৈর্ঘ্যকে প্রায় 3 পার্সেক করে।

উৎস নক্ষত্র এবং ডিস্কের সম্মিলিত উজ্জ্বলতা প্রায় ২৪ লুমিনাস। এটা প্রতিবছর ৬ × ১০$^{-৬}$ সৌর ভর হারে বৃদ্ধি করছে। প্রতি বছর সমীপবর্তী জেটে ভরের ক্ষতির হার হিসেবে ৪ × ১০$^{-৭}$ সৌরভর নির্ধারণ করা হয়েছে, যা এক বছরে সংগৃহীত মোট ভরের প্রায় ৭%। জেটের মোট উপাদানের প্রায় ৩.৬% আয়নিত এবং গড় জেটের ঘনত্ব প্রায় ১৪০০ সেমি$^{-৩}$ । জেটের শক বেগ প্রায় ৩৪ কিমি/সেকেন্ড।

নক্ষত্রের বিস্ফোরণ আকস্মিকভাবে হয়। বর্তমান ধাপটি প্রায় এক হাজার বছর ধরে চলছে, আগের ধাপটি প্রায় ছয় হাজার বছর আগে শুরু হয়েছিল এবং ৩০০০ - ৪০০০ বছর চলেছিল। বর্তমান পর্বের প্রতি ৪০০ বছরে বড় বিস্ফোরণ ঘটে। কমপ্লেক্সের ব্যাপ্তির উপর ভিত্তি করে, উৎস নক্ষত্রের বয়স অনুমান করা হয়েছে ১০^{৪} - ১০^{৫} বছর।

আণবিক বহিঃপ্রবাহ :

নক্ষত্র থেকে নির্গত জেটটি তার চারপাশের আণবিক গ্যাসে ভরবেগ স্থানান্তর করছে, যা গ্যাসকে উপরের দিকে তোলে। এর ফলে জেটের চারপাশে ০.৩ পার্সেক দীর্ঘ আণবিক কণার বহিঃপ্রবাহ হয়। এই বহিঃপ্রবাহ অবশ্য অনেকাংশে একপোলার এবং পতনশীল জেটের সাথে সারিবদ্ধভাবে হয়। আণবিক বহিঃপ্রবাহের অত্যন্ত দুর্বল, যার কারণ সম্ভবত জেটটি মেঘ থেকে আলাদা হয়ে যায় এবং আণবিক বহিঃপ্রবাহের মাত্রা বাড়ানোর জন্য বাইরে সামান্য উপাদান থাকে।

আণবিক প্রবাহের গতি জেটের তুলনায় অনেক কম। আণবিক বহিঃপ্রবাহে বেশ কিছু জৈব এবং অজৈব যৌগ সনাক্ত করা হয়েছে। তারমধ্যে উল্লেখযোগ্য - মিথেন , মিথানল , বরফ , কার্বন মনোক্সাইড , কার্বন ডাই অক্সাইড (ড্রাই আইস) এবং বিভিন্ন সিলিকেট। বরফের উপস্থিতি থেকে বোঝা যায় যে নক্ষত্রের ধূলিময় জেট এবং শক অঞ্চলের বিপরীত অঞ্চলে এতই শীতল যে, যেখানে তাপমাত্রা হাজার ডিগ্রি।

তথ্যসূত্র:

১. *Reipurth, B. (1999). "A general catalogue of Herbig–Haro objects"*

২. *Schwartz, R. D. (February 1977). "Evidence of star formation triggered by expansion of the Gum Nebula". Astrophysical Journal Letters. 212: L25–L26.*

৩. *Herbig, G. H. (1974). "Draft Catalog of Herbig–Haro Objects". Lick Observatory Bulletin. 658 (658): 1–11.*

৪. *Dopita, M. A.; Schwartz, R. D.; Evans, I. (December 1982). "Herbig–Haro Objects 46 and 47 - Evidence for bipolar ejection from a young star". Astrophysical Journal Letters. 263: L73–L77.*

৫. *Reipurth, B.; Heathcote, S. (June 1991). "The jet and energy source of HH 46/47". Astronomy and Astrophysics.*

৬. *Reipurth, B. (1997). "50 Years of Herbig–Haro Research. From discovery to HST". In Reipurth, B.; Bertout, C. (eds.). Herbig–Haro Flows and the Birth of Stars. IAU Symposium No. 182.*

৭. *Reipurth, B. (1991). "Herbig–Haro objects". In Lada, C. J.; Kylafis, N. D. (eds.). The Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution. NATO Advanced Study Institute on the Physics of Star Formation and Early Stellar Evolution. Dordrecht, Netherlands: Springer. pp. 497–530.ISBN 978-94-011-3642-6.*

৮. *Raga, A. C.; Velázquez, P. F.; Noriega-Crespo, A. (April 2018). "Is HH 47 Slowing Down?". Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica.*

৯. *Overbye, Dennis (18 August 2023). "The Biggest Question Mark in Astronomy? You're Looking at It. - Close scrutiny of a recent image from the Webb Space Telescope revealed some questionable punctuation". The New York Times. Archived from the original on 18 August 2023. Retrieved 19 August 2023*

১০. *Bally, J. (September 2016). "Protostellar Outflows". Annual Review of Astronomy and Astrophysics. 54: 491–528.*

১১. *Hartigan, P.; Morse, J. A.; Raymond, J. (November 1994). "Mass-loss rates, ionization fractions, shock velocities, and magnetic fields of stellar jets".*

১২. *Foncea, Valeria; Arce; Héctor (20 August 2013). "ALMA Takes Close Look at Drama of Starbirth". Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array.*

১৩. *Stanke, T.; McCaughrean, M. J.; Zinnecker, H. (October 1999). "HH46/47: Also a parsec scale flow".*

১৪. *Hartigan, P.; Heathcote, S.; Morse, J. A.; et al. (November 2005). "Proper Motions of the HH 47 Jet Observed with the Hubble Space Telescope".*

১৫. *Noriega-Crespo, A.; Morris, P.; Marleau, F. R.; et al. (September 2009). "A New Look at Stellar Outflows: Spitzer Observations of the HH 46/47 System".*

১৬. *"Embedded Outflow in HH 46/47". NASA Spitzer Space Telescope. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.*